

【 문제-1 】 (30점)

300[K]에서 $N_a = 10^{16} [cm^{-3}]$ 의 p형 Si기판에 n^+ 다결정 실리콘 게이트를 갖는 MOSFET에 관하여 다음 물음에 답하시오. (단, 300[K]에서 불순물은 100% 이온화 되었고 열전압(thermal voltage) $\frac{kT}{q} = 26 [mV]$ 이며, Si의 유전율 $\epsilon_{Si} = \epsilon_o \epsilon_s = 10^{-12} [F/cm]$, 진성 캐리어 농도(intrinsic carrier concentration) $n_i = 1.5 \times 10^{10} [cm^{-3}]$ 이며, SiO₂의 유전율 $\epsilon_{ox} = 3.5 \times 10^{-13} [F/cm]$, 게이트 SiO₂ 두께 $t_{ox} = 35 [nm]$ 이며, 일함수차(work function difference) $\phi_{ms} = -1 [V]$, 계면 전하(interface charge) $Q_i = q(5 \times 10^{10}) [C/cm^2]$ 이다.)

- (1) 문턱 전압(threshold voltage) V_T 를 구하시오. (10점)
- (2) 게이트 길이가 $L_G < 1 [\mu m]$ 로 감소함에 따라 V_T 는 어떻게 변하는가를 제시하고 그 이유를 물리적으로 설명하시오. (6점)
- (3) 포화 모드(saturation mode)에서 $C_{gs}, C_{gd}, g_m v_{gs}, r_o$ 로 주어지는 고주파 등가 회로 모델(π 모델)을 이용하여 공통소스(common source) MOSFET의 단락 회로 전류이득(short-circuit current gain)을 유도하여 전류이득 차단주파수(cutoff frequency) f_T 의 표현식을 등가회로 모델 파라미터의 함수로 구하시오. (단, $\omega C_{gd} \ll g_m$ 이라 가정한다.) (8점)
- (4) f_T 의 표현식을 근거로 MOSFET를 고속 스위칭 소자로 동작시키기 위하여 f_T 를 개선할 수 있는(높일 수 있는) 방법을 소자 설계 측면에서 2가지 제시하시오. 제시한 방법에 의하여 소자 특성에 문제가 발생된다면, 그 문제를 제시하고 소자 구조(설계) 측면에서 해결할 수 있는 방법을 설명하시오. (6점)

【 문제-2 】 (20점)

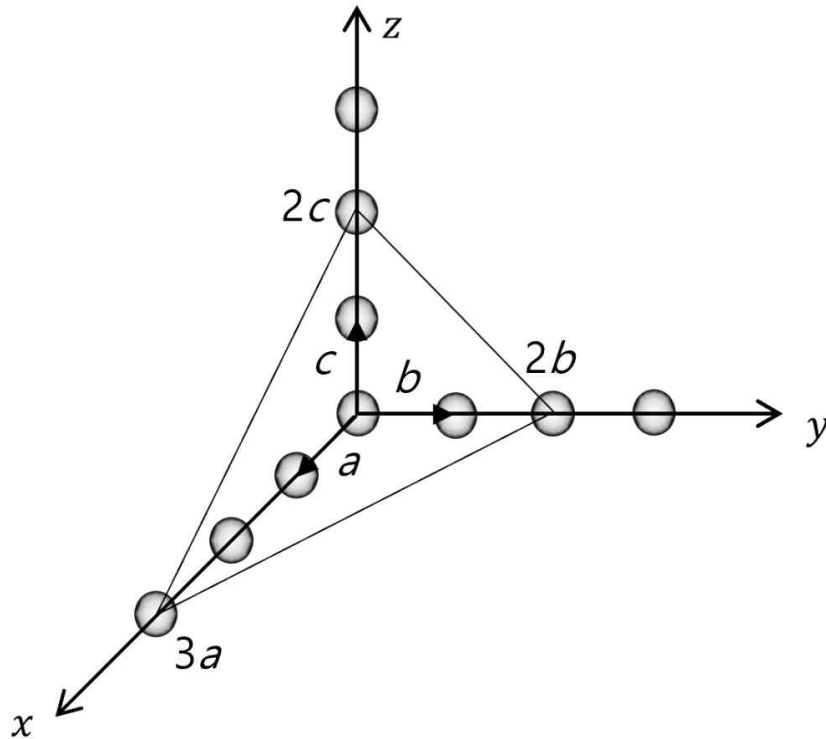
$0 \leq x \leq 10^{-3} [cm]$ 에서 x 에 대한 점진적 도너 불순물농도(graded donor impurity concentration) $N_d(x) = 10^{17} \exp(-\frac{x}{10^{-4}}) [cm^{-3}]$ 를 갖는 Si 반도체가 300[K] 열평형(thermal equilibrium) 상태에 놓여 있다. 다음 물음에 답하시오.

- (1) $x = 0$ 과 $x = 10^{-3} [cm]$ 에서 $E_F - E_{Fi} [eV]$ 를 구하여 이 구간에서의 에너지 대역도(energy band diagram)를 개략적으로 그려 그 값을 표시하시오. (단, 300[K]에서 도너 불순물은 100% 이온화되었으며, Si의 밴드갭 에너지(band gap energy) $E_g = 1.12 [eV]$ 이며, 진성 페르미 준위(intrinsic Fermi level) E_{Fi} 는 밴드갭의 중앙에 위치한다고 가정한다.) (8점)
- (2) 이 구간에서 전계 $E(x)$ 의 표현식을 유도하여 그 값을 구하시오. (7점)
- (3) $E(x)$ 의 표현식을 이용하여 아인슈타인 관계(Einstein relationship)식을 유도하시오. (5점)

【 문제-3 】 (30점)

결정 구조와 반도체 공정에 관하여 다음 물음에 답하시오.

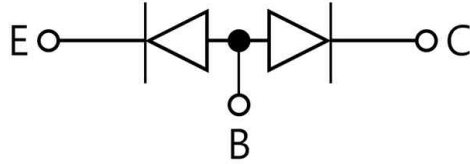
- (1) 주기적 원자 배열을 가진 반도체는 결정 성장 과정에 주기성의 변형이나 파괴로 인해 결정 결함이 존재할 수 있는데, 결정 결함의 종류를 3가지만 제시하고, 이를 각각 설명하시오. (10점)
- (2) 결정면(lattice plane)과 관련이 있는 밀러 지수(Miller index)를 설명하고, 아래 그림의 결정면($3a$, $2b$, $2c$ 를 교차하는 평면)에서 밀러 지수를 구하시오. (10점)



- (3) 웨이퍼 표면에 산화(oxidation)층을 형성하는 이유를 3가지만 설명하고, 실리콘 산화물인 SiO_2 를 위한 열산화 공정에서 건식산화와 습식산화의 화학반응식을 각각 제시하시오. (10점)

【 문제-4 】 (20점)

아래의 그림은 2개의 다이오드로 구성된 트랜지스터(BJT)를 보여주고 있다. 다음 물음에 답하시오.



- (1) 제시된 BJT를 E, B, C로 구성되는 트랜지스터의 회로 기호로 제시하고, 그 기호에 포함되는 화살표의 의미를 설명하시오. (4점)
- (2) 제시된 BJT의 동작 모드 4가지를 설명하고, 각 모드별로 BE 다이오드와 BC 다이오드의 바이어스 전압(순방향, 역방향)을 모두 제시하시오. (10점)
- (3) 제시된 BJT에서 BE 다이오드에 순방향, BC 다이오드에 역방향 바이어스 전압을 인가했을 때, E, B, C 각 단자에서 다수 캐리어의 흐름에 대하여 설명하시오. (6점)